

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА РАЗЛИЧНИ ФАКТОРИ ВЪРХУ НАТОВАРВАНЕТО НА РОЛКИТЕ НА ЛЕНТОВИ ТРАНСПОРТЪОРИ

Христо Шейретов

Минно-геоложки университет „Св.Иван Рилски“, 1700 София, sheiretov@abv.bg

РЕЗЮМЕ. Описана е конструкцията на ролките и са приведени формулите за определяне на статичното и динамичното натоварване на ролковите опори и ролките. Изследвано е влиянието на скоростта на лентата, броя и дължината на ролките в опорите, ъгъла на наклон на страничните ролки и масата на късовете от материала върху натоварването на ролките. Направени са следните изводи: при увеличаване на скоростта на лентата и запазване на производителността на транспортъора се намалява натоварването на ролките; при намаляване на броя на ролките в опорите и запазване на производителността на транспортъора се намалява натоварването върху ролките; при намаляване на дължината на средната ролка при триролковите и петролковите опори и запазване на производителността на транспортъора се намалява натоварването върху тази ролка и в ролковите опори могат да се поставят ролки с по-малка товароносимост; при намаляване на масата на късовете от материала се намалява натоварването върху ролките.

EXAMINATION OF THE INFLUENCE OF DIFFERENT FACTORS ON THE ROLLERS LOADING OF A BELT CONVEYOR

Hristo Sheiretov

University of Mining and Geology "St.Ivan Rilski" Sofia, sheiretov@abv.bg

ABSTRACT. The design of the rollers is described and the formulae for the determination of the static and dynamic load of the idlers and the rollers are given. The influence of the belt velocity, the number and the length of the rollers in the idlers, the angle of inclination of the side rollers and the mass of the material lumps on the rollers loading is examined. The following conclusions are made: with the increase of the belt velocity at constant conveyor capacity the rollers loading is decreased; with the decrease of the number of the rollers in the idlers at a constant conveyor capacity the rollers loading is decreased; with the decrease of the length of the center roller in three and five roll idlers at a constant conveyor capacity the loading of the center roller is decreased and rollers with lower capacity can be put in the idler sets; with the decrease of the mass of the material lumps the rollers loading is decreased.

Увод

Ролките поддържат лентата по нейната дължина и трябва да могат да се въртят свободно, независимо от натоварването им от лентата и транспортирания материал. Ролките трябва да бъдат конструирани така, че да се осигури максимална дълготрайност на лагерите им и на транспортната лента.

Съпротивлението на ролките при пускане и въртене оказва голямо влияние при определянето на мощността на задвижването на транспортъора. Конструкцията на тялото на ролката, местоположението на лагерите и тяхното уплътнение са от особена важност за намаляване съпротивлението им при въртене и удължаване на живота на лагерите.

Ролките (фиг.1) (Rulmeca Germany) се състоят от корпус 1 - безшевна тръба, към която са запресовани лагерните корпуси 2, вал 3, лабиринтови уплътнения 4 и търкалящи лагери 5. Преместването на лагерите във вътрешна посока се ограничава от лагерните корпуси, а във външна посока - от пружинните шайби 6, които влизат в канали на оста. От

двете страни на лагера са поставени гумените уплътнения 7 и 8.

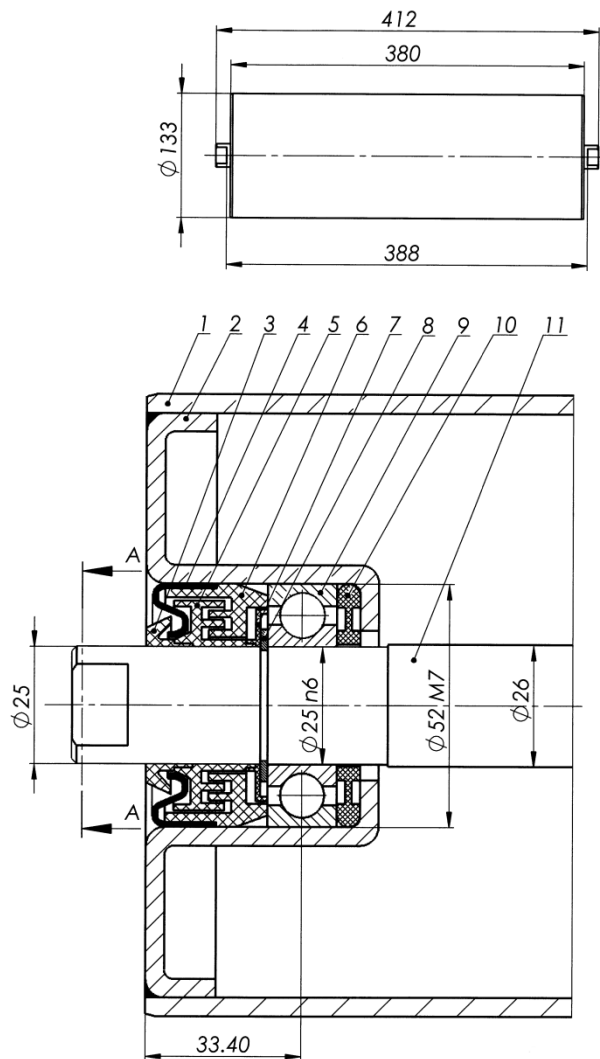
Лагерите се набиват с дълговременна смазка (грес). При някои конструкции на оста се поставя гресъорка, а в оста се пробиват канали за преминаване на греста до лагера.

Статично натоварване на ролковите опори

Статичното натоварване на ролковите опори в товарния клон (виж фиг. 2) се определя по формулата (Rollers and components, 2003):

$$P'_{cm} = l'_p \cdot \left(m_l + \frac{Q}{3,6 \cdot v} \right) \cdot \frac{g}{10}, \text{ dN}, \quad (1)$$

където: l'_p [m] - разстояние между ролковите опори в товарния клон на транспортъора (приема се от табл.1); m_l [kg/m] - линейна маса на лентата (приема се от табл.2); Q [t/h] - производителност на транспортъора; v [m/s] - скорост на лентата; g [m/s²] - земно ускорение ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$);



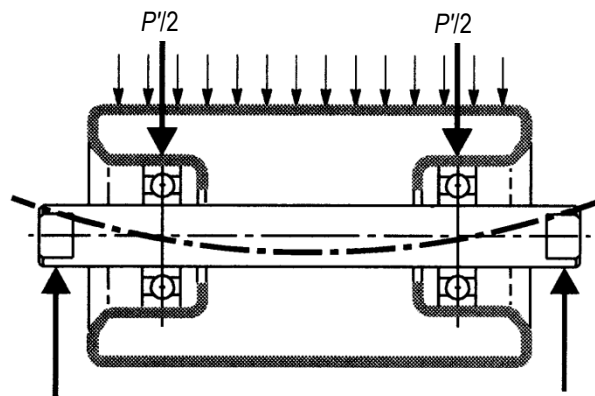
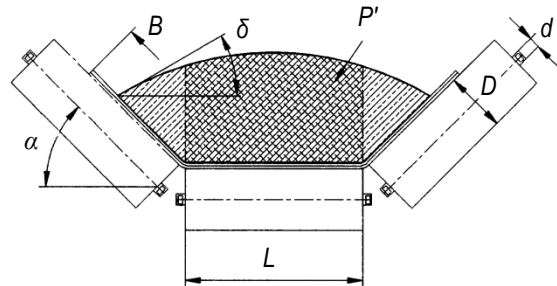
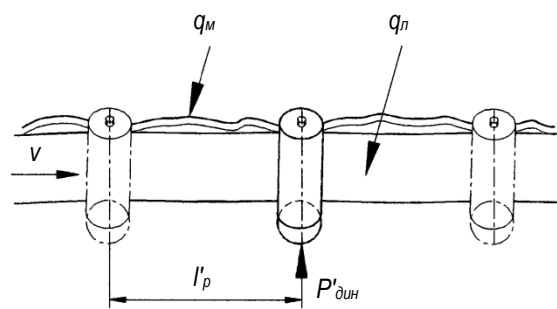
1-тръба; 2-корпус лагерен; 3-уплътнение външно; 4-скоба уплътнителна; 5-уплътнение лабиринтово вътрешно; 6-уплътнение лабиринтово външно; 7-уплътнение междинно; 8-пръстен застопоряващ; 9-лагер 6205; 10-уплътнение вътрешно; 11-вал

Фиг.1. Конструкция на ролка за лентов транспортьор

Таблица 1.

Препоръчителни разстояния между ролковите опори в товарния клон l'_p [m]

Ширина на лентата B [mm]	Плътност на транспортирания материал ρ [t/m ³]					
	0,5	0,8	1,2	1,6	2,4	3,2
500	1,7	1,5	1,4	1,4	1,2	1,2
650	1,5	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2
800	1,5	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2
1000	1,4	1,4	1,2	1,0	1,0	1,0
1200	1,4	1,2	1,2	1,0	1,0	0,9
1400	1,4	1,2	1,0	1,0	0,9	0,9
1600	1,2	1,2	1,0	0,9	0,9	0,8
1800	1,2	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8
2000	1,2	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8



Фиг.2. Схема за определяне на натоварването върху ролките

Таблица 2.

Средна линейна маса на лентите m_l [kg/m]

Ширина на лентата B [mm]	Плътност на транспортирания материал ρ [t/m ³]		
	0,5 ÷ 1,2	1,2 ÷ 2	2 ÷ 3,2
500	5,3	7,4	8,4
650	9,6	10,9	13,4
800	11,9	13,4	16,5
1000	16,7	20,6	22,0
1200	20,0	23,7	27,1
1400	28,9	31,6	33,0
1600	33,0	36,1	37,7
1800	37,1	40,6	42,4
2000	53,0	59,0	66,8

Динамично натоварване на ролковите опори

Динамичното натоварване на ролковите опори в товарния клон се определя по формулата (Rollers and components, 2003):

$$P'_{дин} = P'_{см} \cdot K_v \cdot K_y, \text{ dN}, \quad (2)$$

където: K_v - коефициент, отчитащ влиянието на скоростта на лентата върху натоварването на ролките (приема се от табл.3); K_y - коефициент, отчитащ ударното натоварване от материала върху ролките (приема се от табл.4).

Таблица 3.

Коефициент отчитащ влиянието на скоростта върху натоварването на ролките

Скорост на лентата v [m/s]	0,8	1,0	1,5	2,5	3,5	4,5	5,0
K_v	0,8	0,8	0,85	0,9	1,0	1,1	1,13

Таблица 4.

Коефициент K_y отчитащ ударното натоварване върху ролките

Максимална едрина на късовете от материала a_{max} [mm]	Плътност на транспортирания материал ρ [t/m ³]						
	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,9	3,2
0 - 100	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1
100 - 150	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1
150 - 200	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2
200 - 300	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3
300 - 400	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3
400 - 500	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4

Динамично натоварване на най-натоварените ролки от ролковите опори

При триролков и петролков опори най-натоварена е средната ролка, а при двуролкови опори двете ролки са натоварени с еднаква сила. Динамичното натоварване на най-натоварените ролки от ролковите опори се определя по формулата (Rollers and components, 2003):

$$P' = P'_{дин} \cdot K_{уч}, \text{ dN}, \quad (3)$$

където: $K_{уч}$ - коефициент отчитащ каква част от натоварването върху ролковата опора се поема от най-натоварената ролка (определя се според табл.6).

Таблица 5.

Коефициент, отчитащ каква част от натоварването се поема от най-натоварената ролка

Оп ора	Двуролков а $\alpha = 15^\circ$	Триролкова			Петролков а $\alpha' = 35^\circ$ $\alpha = 60^\circ$
		$\alpha=30^\circ$	$\alpha=35^\circ$	$\alpha=45^\circ$	
$K_{уч}$	0,5	0,65	0,67	0,72	0,5

α, α' - ъгли на наклона на страничните ролки

Влияние на скоростта на лентата върху натоварването на ролките

Ще разгледаме конкретен пример при транспортиране на несортирани въглища с максимална едрина на късовете $a_{max}=300$ mm, плътност $\rho=0,9$ t/m³ и ъгъл на откоса при движение $\delta=25^\circ$. Приемаме ширина на лентата $B=B_{min}=800$ mm, където B_{min} е минимално допустимата ширина на лентата, определена според табл.6 (HA200 Idlers, 2008).

Таблица 6.

Минимална ширина на лентата

Максимална едрина на късовете от материала a_{max} [mm]		Минимална ширина на лентата B_{min} [mm]
Сортиран	Несортиран	
75	125	400
100	175	500
125	250	650
150	300	800
200	375	1000
300	450	1200
-	600	1400
375	-	1600

Приемаме брой на ролките в ролковите опори за товарния клон $n'_p=3$ и ъгъл на наклон на страничните ролки $\alpha_1=30^\circ$ според табл.7.

Таблица 7.

Препоръчителен брой на ролките и наклон на страничните ролки на ролковите опори в товарния клон

Ширина на лентата B [mm]	400	800	1600	2250	3000
		500 650	1200 1000 1400	2000 1800	2500
Брой на ролките в опорите за товарния клон n'_p	2	3	3	3	5
Ъгъл на наклон на стр ролки α [°]	20	30	35	45	60

Приемаме скорост на лентата $v=v_{max}=3,5$ m/s, където v_{max} е максимално допустимата скорост на лентата, определена според табл.9 (HA200 Idlers, 2008).

Таблица 8.

Максимални скорости на лентата

Ширина на лентата B [mm]	Максимална скорост на лентата v_{max} [m/s]		
	Вид на материала		
	Зърно, варовик, пясък, цимент, чакъл	Въглища, глина, почва	Руда, скала
500	2,5	3,5	2,5
650	3	3,5	3
800	3,5	3,5	3
1000	4	4	3,5
1200	4	4,5	4
1400	4,5	4,5	4
1600	-	5,5	4
1800	-	5,5	4,5
2000	-	6,0	4,5

Тогава производителността на транспортъора ще бъде:

$$Q = 3600 \cdot F \cdot v \cdot \rho = 3600 \cdot 0,072 \cdot 3,5 \cdot 0,9 = 816 \text{ t/h}, \quad (4)$$

където: $F=0,072 \text{ m}^2$ - площ на напречното сечение на материала при $B=800 \text{ mm}$, $n'_p=3$, $\alpha=30^\circ$ и $\delta=25^\circ$ според табл.10 (НА200 lders, 2008).

Таблица 9.

Площ на напречното сечение на транспортирания материал при триролковни опори $F \text{ [m}^2\text{]}$

Ъгъл на наклон на страничните ролки $\alpha \text{ [}^\circ\text{]}$	Ширина на лентата $B \text{ [mm]}$	Ъгъл на откоса на материала при движение $\delta \text{ [}^\circ\text{]}$		
		15	20	25
30	650	0,038	0,042	0,046
	800	0,060	0,066	0,072
	1000	0,096	0,105	0,115
	1200	0,141	0,155	0,169
	1400	0,94	0,213	0,232
	1600	0,256	0,281	0,306
35	800	0,064	0,070	0,075
	1000	0,103	0,112	0,121
	1200	0,151	0,164	0,177
	1400	0,209	0,226	0,245
	1600	0,275	0,298	0,322
45	800	0,071	0,075	0,080
	1000	0,113	0,121	0,129
	1200	0,166	0,177	0,189
	1400	0,229	0,244	0,260
	1600	0,302	0,322	0,343

Сега ще определим скоростта на лентата при същата производителност, но при ширина на лентата $B=1000 \text{ mm}$.

$$v = \frac{Q}{3600 \cdot F \cdot \rho} = \frac{816}{3600 \cdot 0,115 \cdot 0,9} = 2,2 \text{ m/s}, \quad (5)$$

където: $F=0,072 \text{ m}^2$ - площ на напречното сечение на материала при $B=800 \text{ mm}$, $n'_p=3$, $\alpha=30^\circ$ и $\delta=25^\circ$ според табл.10.

Ще определим статичното натоварване на ролковите опори по формула (1) за двете скорости на лентата:

$$P'_{cm} = 1,4 \cdot \left(11,9 + \frac{816}{3,6 \cdot 3,5} \right) \cdot \frac{9,81}{10} = 105 \text{ dN}, \quad (6)$$

$$P'_{cm} = 1,4 \cdot \left(16,7 + \frac{816}{3,6 \cdot 2,2} \right) \cdot \frac{9,81}{10} = 165 \text{ dN}, \quad (7)$$

Динамичното натоварване според формула (2) за двата случая ще бъде:

$$P'_{din} = 105 \cdot 1,1,1 = 116 \text{ dN} \quad (8)$$

$$P'_{din} = 165 \cdot 0,88 \cdot 1,1 = 160 \text{ dN} \quad (9)$$

Динамичното натоварване на най-натоварената (средната) ролка според формула (3) за двата случая ще бъде:

$$P' = 116 \cdot 0,65 = 75 \text{ dN} \quad (10)$$

$$P' = 160 \cdot 0,65 = 104 \text{ dN} \quad (11)$$

Следователно при увеличаване на скоростта на лентата и запазване на същата производителност се намалява статичното натоварване на ролките P'_{cm} ($105 \text{ dN} < 165 \text{ dN}$), което се обяснява с по-малките линейни маси на лентата и материала. Динамичното натоварване на ролките P'_{din} също се намалява ($116 \text{ dN} < 160 \text{ dN}$), въпреки, че се увеличава коефициентът k_v , отчитащ влиянието на скоростта.

Влияние на броя на ролките в опорите върху натоварването им

Сега ще определим натоварването на ролките при двуролкова опора с наклон на страничните ролки $\alpha=20^\circ$, скорост на лентата $v=3,5 \text{ m/s}$, производителност на транспортъора $Q=816 \text{ t/h}$, плътност на материала $\rho=0,9 \text{ t/m}^3$ и ъгъл на откоса на материала при движение $\delta=25^\circ$. За да се осигури тази производителност, трябва да се приеме ширина на лентата $B=1000 \text{ mm}$, при което площта на сечението на материала $F=0,108 \text{ m}^2$ според табл.11.

Натоварването на ролките определяме по формули (1), (2) и (3) и получаваме:

$$P'_{cm} = 1,4 \cdot \left(16,7 + \frac{816}{3,6 \cdot 3,5} \right) \cdot \frac{9,81}{10} = 112 \text{ dN}, \quad (12)$$

$$P'_{din} = 112 \cdot 1,1,1 = 123 \text{ dN} \quad (13)$$

$$P' = 123 \cdot 0,5 = 62 \text{ dN} \quad (14)$$

Таблица 10.

Площ на напречното сечение на транспортирания материал при двуролкови опори $F \text{ [m}^2\text{]}$

Ъгъл на наклон на страничните ролки $\alpha=20^\circ$	Ширина на лентата $B \text{ [mm]}$	Ъгъл на откоса на материала при движение $\delta \text{ [}^\circ\text{]}$		
		15	20	25
	650	0,034	0,039	0,044
	800	0,053	0,061	0,068
	1000	0,082	0,097	0,108

Следователно при еднаква производителност и поставяне на двуролкова опора (вместо триролкова) динамичното натоварване на най-натоварената ролка P' се намалява ($75 \text{ dN} < 162 \text{ dN}$). Поставянето на двуролкова опора, обаче, изисква използване на по-широка лента (1000 mm вместо 800 mm), което оскъпява лентата, увеличава масата на лентата и съпротивленията при движение.

Влияние на ъгъла на наклон на страничните ролки върху натоварването на средната ролка

Ще определим натоварването на ролките при триролкова опора с наклон на страничните ролки $\alpha=35^\circ$, скорост на лентата $v=3,5 \text{ m/s}$, производителност на транспортъора

$Q=816$ t/h, плътност на материала $\rho=0,9$ t/m³ и ъгъл на откоса на материала при движение $\delta=25^\circ$. За да се осигури тази производителност трябва се приема ширина на лентата $B=800$ mm, при което площта на сечението на материала $F=0,075$ m² според табл. 9.

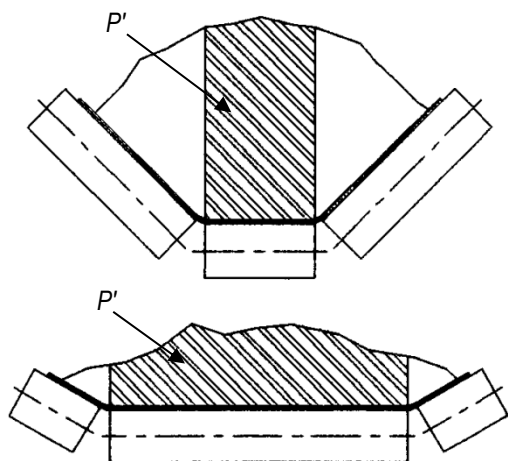
Натоварването на ролките определяме по формули (1), (2) и (3). Статичното и динамичното налягане на ролковите опори ще бъдат еднакви с тези получени по формулите (6) и (8). Динамичното натоварване на средната ролка ще бъде:

$$P' = 116,0,67 = 78 \text{ dN} \quad (15)$$

Следователно при еднаква производителност и увеличаване на наклона α на страничните ролки (35° вместо 30°) динамичното натоварване на най-натоварената (средната) ролка P' се увеличава ($78 \text{ dN} > 75 \text{ dN}$). Това се обяснява с намаляването на натоварването на страничните ролки.

Влияние на дължината на средната ролка върху натоварването ѝ

Влиянието на дължината на средната ролка при триролкова опора върху натоварването ѝ е илюстрирано на фиг. 3. При намаляване на дължината на средната ролка се намалява коефициентът на участие $k_{уч}$, влизащ във формула (3). Това ще доведе до намаляване на натоварването на средната ролка. И обратно, при увеличаване на дължината на средната ролка се намалява натоварването ѝ. За да се запази същата производителност, трябва да се увеличи и ширината на лентата, което увеличава още повече натоварването върху ролката.



Фиг. 3. Схеми за онагледяване на влиянието на дължината на средната ролка върху натоварването и

Намаляването на дължината на средната ролка, обаче, изисква по-голямо огъване на лентата и води до по-бързото и износване.

Влияние на масата на късовете от материала върху натоварването на ролките

От табл. 4 се вижда, че при увеличаване на максималната едрина на късовете от материала a_{max} или увеличаване на плътността на материала ρ , т.е. увеличаване на масата на късовете от материала, се увеличава коефициентът на ударно натоварване $k_{уд}$. Това води до увеличаване на динамичното натоварване върху ролките.

Изводи

От направените изчисления могат да се направят следните изводи:

1. При увеличаване на скоростта на лентата и запазване на производителността на транспортъора се намалява натоварването върху ролките;
2. При намаляване на броя на ролките в опорите и запазване на производителността на транспортъора се намалява натоварването върху ролките;
3. При намаляване на дължината на средната ролка при триролкови и петролкови опори и запазване на производителността на транспортъора се намалява натоварването върху тази ролка и в ролковите опори могат да се поставят ролки с по-малка товароносимост;
4. При намаляване на масата на късовете от материала се намалява натоварването върху ролките.

Литература

- HA200 Idlers design manual. Sandvik mining and construction, 2008.
 Rollers and components for bulk handling. Rulli Rulmeca S.p.A., 4-th edition. Справочник, 2003.
 Rulmeca Germany. Rollers and components. Справочник.

Статията е препоръчана за публикуване от кат. „Механизация на мините“.